

**ANALISIS PENGARUH MANUVER JARINGAN 20 kV  
GI SRAGEN TERHADAP SUSUT DAYA**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata  
I pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**EKO WIDODO**

**D400150075**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2019**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISIS PENGARUH MANUVER JARINGAN 20 kV  
GI SRAGEN TERHADAP SUSUT DAYA**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh:

**EKO WIDODO**

**D400150075**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing

acc. 19/1-2019



**Aris Budiman, S.T., M.T.**

**NIK. 885**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS PENGARUH MANUVER JARINGAN 20 kV  
GI SRAGEN TERHADAP SUSUT DAYA**

**OLEH**

**EKO WIDODO**

**D400150075**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Rabu, 23 Januari 2018  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji:**

**1. Aris Budiman, ST., MT**

**(Ketua Dewan Penguji)**

**2. Tindyo Prasetyo, ST**

**(Anggota I Dewan Penguji)**

**3. Agus Ulinuha, ST., MT., Ph.D**

**(Anggota II Dewan Penguji)**

(.....)

(.....)

(.....)

**Dekan,**



**Ira Sri Sunarjono, M.T. Ph. D**

**NIK. 682**

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

**Surakarta, 21 Januari 2018**

Penulis



**EKO WIDODO**

**D400150075**

**ANALISIS PENGARUH MANUVER JARINGAN 20 kV  
GI SRAGEN TERHADAP SUSUT DAYA  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**Abstrak**

Penggunaan listrik masyarakat sampai saat ini masih bergantung pada pasokan listrik PT. PLN (Persero), yang merupakan satu – satunya badan usaha milik negara (BUMN) yang bergerak dalam bidang penyediaan sampai pendistribusian tenaga listrik. Perkembangan teknologi, dunia industri, dan kebutuhan pasokan listrik masyarakat seiring waktu semakin meningkat, sehingga dibutuhkan pasokan dan pendistribusian tenaga listrik yang baik, yang dapat meminimalisir pemadaman sehingga tetap menjaga kepuasan pelanggan. Penelitian ini membahas tentang pengaruh manuver jaringan terhadap susut daya yang dilakukan oleh PT. PLN ULP (Unit Layanan Pelanggan) Sragen. Manuver jaringan dilakukan pada jaringan distribusi 20 kV untuk pelimpahan pada beban trafo III gardu induk Sragen yang sedang dilakukan pekerjaan. Analisa susut daya dilakukan dengan simulasi jaringan menggunakan ETAP. Hasil simulasi dianalisa untuk mengetahui perubahan susut daya yang terjadi ketika keadaan jaringan normal dan ketika dilakukan manuver jaringan. Hasil simulasi menggunakan ETAP sesuai SOP nomor 1 dan 2 pekerjaan trafo III menunjukkan susut daya total ketika kondisi jaringan normal adalah 607,5 kW dan 2.361,6 kvar sedangkan susut daya total ketika kondisi manuver jaringan adalah 1.031,3 kW dan 4.362 kvar. Pada saat kondisi manuver jaringan terjadi kenaikan susut daya sebesar 69,76% atau 423,8 kW dan 2.000,4 kvar dibanding ketika kondisi jaringan normal.

**Kata Kunci:** jaringan distribusi, manuver jaringan, ETAP, susut daya

**Abstract**

The use of electricity in the community is still dependent on the electricity supply of PT. PLN (Persero), which is the only state-owned company (BUMN) that is engaged in providing up to the distribution of electricity. Due to technological developments, the industrial world, and the high increasing electricity needs in community over time, so that a good supply and distribution of electricity is needed, in order to minimize blackout and maintain customer satisfaction. This research is discuss about the effect of network maneuvering on power losses carried out by PT. PLN ULP (Customer Service Unit) Sragen. Network maneuvering is run on a 20 kV distribution network for the delegation of the transformer III load on the Sragen substation that is being maintance. Power shrinkage analysis is done by network simulation using ETAP. Simulation results used to analyze the power loss changes that occur when the network is normal and when network maneuvers are carried out. The simulation results using ETAP according to SOP number 1 and 2 transformer III work showed total power losses when the normal network network conditions were 607.5 kW and 2,361.6 kvar while total power losses when network maneuver conditions were 1,031.3 kW and 4,362 kvar. When the network maneuver conditions increase power losses by 69.76% or 423.8 kW and 2,000.4 kvar compared to when the network conditions are normal.

**Keywords:** distribution network, ETAP, network maneuvering, power losses

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan listrik masyarakat sampai saat ini masih bergantung pada pasokan listrik PT. PLN (Persero) yang merupakan satu – satunya badan usaha milik negara (BUMN) yang bergerak dalam bidang penyediaan sampai pendistribusian sumber tenaga listrik. Perkembangan teknologi, dunia industri, dan kebutuhan pasokan listrik masyarakat seiring waktu semakin meningkat, maka dibutuhkan pasokan energi listrik dan pendistribusian yang baik, yang dapat meminimalisir pemadaman sehingga tetap menjaga kepuasan pelanggan. Perbaikan yang dilakukan pada sistem tenaga listrik membutuhkan pemadaman tenaga listrik demi keselamatan saat perbaikan, sehingga perlu dikaji agar pemadaman yang ditimbulkan tidak terlalu luas wilayahnya untuk menjaga kepuasan pelanggan. Listrik merupakan faktor penting dalam berjalannya suatu kegiatan ekonomi pada masyarakat, sehingga ketersediaan tenaga listrik yang baik akan berdampak pada baiknya pertumbuhan ekonomi suatu masyarakat.

Penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan pengambilan data di PT. PLN ULP (Unit Layanan Pelanggan) Sragen dan PT. PLN gardu induk Sragen. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh manuver jaringan yang dilakukan oleh PT. PLN ULP Sragen terhadap susut daya yang terjadi. Manuver jaringan adalah serangkaian kegiatan membuat modifikasi terhadap operasi normal dari suatu jaringan. Manuver jaringan dilakukan akibat adanya gangguan atau akan dilakukannya suatu pekerjaan pada jaringan yang membutuhkan pemadaman listrik, sehingga jaringan dirubah dan suplai tenaga listrik dipindah ke sumber tenaga listrik lain agar dapat mengurangi daerah yang mengalami pemadaman dan agar tetap tercapai kondisi pendistribusian tenaga listrik yang semaksimal mungkin (Ibrahim, 2013). Manuver jaringan dilakukan untuk pelimpahan beban trafo III GI Sragen yang sedang dilakukan pekerjaan. Perubahan konfigurasi sistem jaringan dilakukan untuk menemukan sistem yang optimal (Moarrefi H, 2013). Analisa susut daya dilakukan dengan simulasi jaringan menggunakan *software* ETAP *Power Station* 12.6.0. Hasil simulasi dianalisa perubahan susut daya yang terjadi ketika keadaan jaringan normal dan ketika proses manuver jaringan. Kerugian sistem pada dasarnya adalah perbedaan aritmatika antara unit yang dibeli dari pemasok dan unit yang ditagih kepada konsumen pada periode tertentu (Sarang P & Ghodekar, 2012).

Impedansi pada saluran sistem tenaga listrik dapat terjadi karena berbagi hal dan sudah mencakup resultan antara hambatan resistif, induktif, dan kapasitif. Hal tersebut yang menyebabkan rugi – rugi daya karena terkonversi atau terbuang menjadi energi lain dalam proses trasfer energi. Susut daya perlu diprediksi dan diantisipasi agar tetap dalam kondisi normal dan wajar. Susut daya sering terjadi pada sistem distribusi, pada setiap sistem distribusi dirancang agar rugi daya yang

terjadi tersebut dapat berkurang (Reddy,2011). Tipe beban yang terhubung pada jaringan ada tiga tipe beban, yaitu beban resistif, induktif, dan kapasitif. Resultan antara besaran hambatan kapasitif dengan induktif akan mempengaruhi besar PF atau faktor daya sehingga mempengaruhi perbandingan antara besarnya daya yang dikirim dengan daya yang diterima. Metode perhitungan aliran daya terdapat tiga metode yang biasa digunakan yaitu *Accelerated Gauss-Seidel*, *Newton Raphson*, dan *Fast Decoupled*. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan masing – masing. Metode *Accelerated Gauss-Seidel* hanya membutuhkan sedikit nilai masukan, tetapi lambat dalam kecepatan perhitungan. Metode *Newton Raphson* cepat dalam perhitungan tetapi membutuhkan banyak nilai masukan dan parameter. Sedangkan metode *Fast Decoupled* adalah dua set persamaan iterasi, antara susut tegangan, daya reaktif dengan magnitud tegangan, cepat dalam perhitungan namun kurang presisi, baik untuk sistem radial dan sistem jalur panjang (Alif P, 2018).

Pengoptimalan lokasi *switch* dan perangkat perlindungan di titik – titik strategis dari rangkaian distribusi meningkatkan kualitas listrik yang didistribusikan dan keandalan sistem distribusi (Pereira, R. A. F, 2005). Optimalisasi konduktor pilihan adalah salah satu langkah yang paling penting dalam proses perencanaan dan optimalisasi sistem jaringan distribusi (Farahani et all, 2013). Perhitungan susut daya sistem tenaga listrik dapat dihitung manual, maupun dengan simulasi *software* pc atau laptop akan tetapi untuk perhitungan susut daya manual pada jaringan distribusi yang memiliki banyak percabangan penghantar yang memiliki besar beban yang berbeda – beda sehingga memiliki arus yang mengalir tiap penghantar yang berbeda, akan cukup sulit dan membutuhkan waktu yang cukup lama dan tidak efisien, sehingga lebih efisien apabila menggunakan *software* sejenis ETAP *Power Station*. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam evaluasi atas efisiensi suatu prosedur manuver jaringan khususnya pada sistem jaringan distribusi tenaga listrik.

## **2.METODE**

### **2.1 Studi Literatur**

Penulis mendapatkan literatur untuk menyelesaikan tugas akhir dari jurnal, karya ilmiah, buku dan internet. Literatur yang dipelajari mengenai jaringan ditribusi 20 kV, analisis susut daya, analisis aliran daya, manuver jaringan distribusi, dan pemodelan jaringan sistem tenaga listrik menggunakan *software* ETAP *Power Station*.

### **2.2 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data berupa parameter jaringan, *single line* diagram, dan beban penyulang dilakukan di PT. PLN ULP (Unit Layanan Pelanggan) Sragen dan PT. PLN gardu induk Sragen.

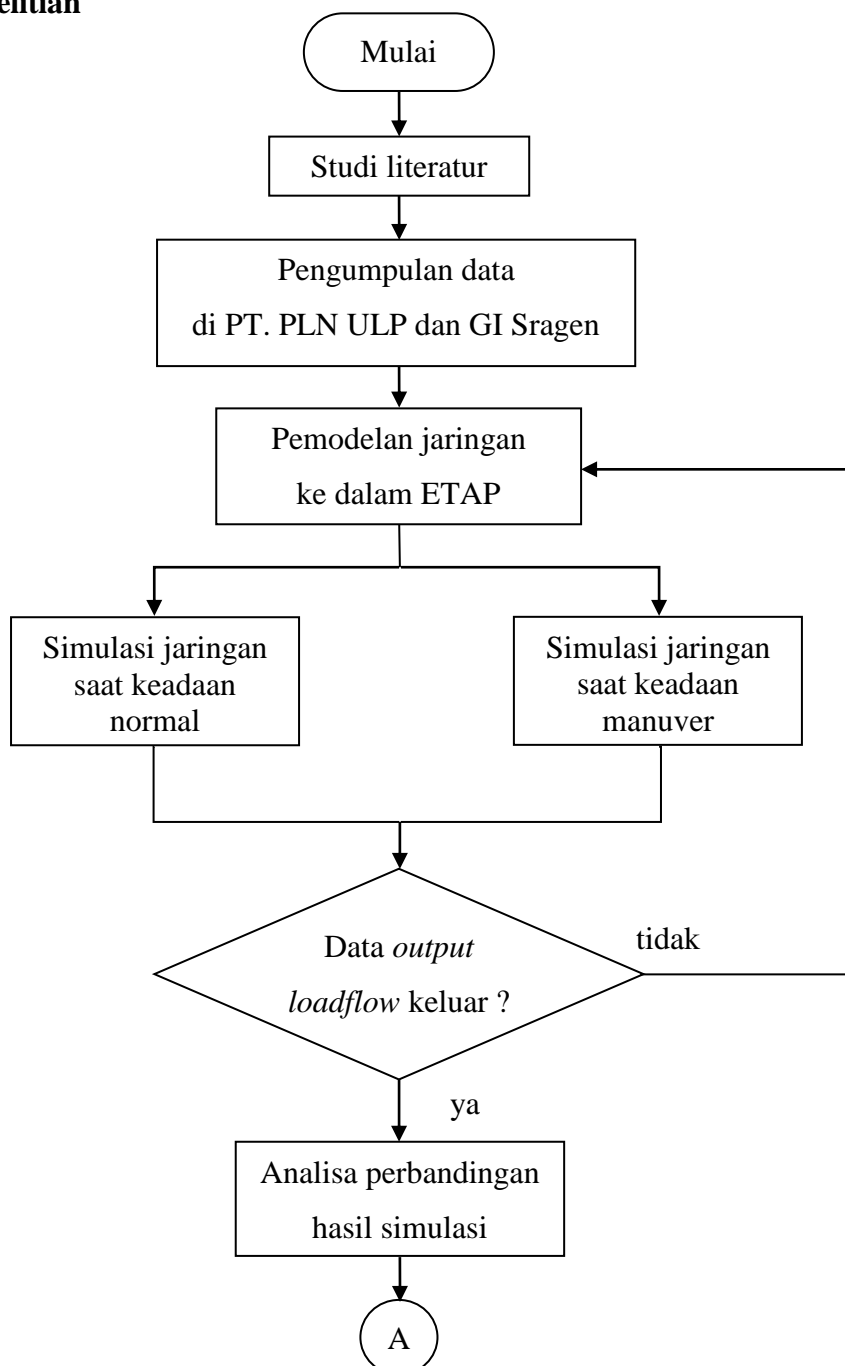
### 2.3 Pemodelan jaringan

Pemodelan jaringan ke dalam ETAP *Power Station* disesuaikan dengan parameter yang telah diperoleh dari PT. PLN ULP Sragen dan PT. PLN gardu induk Sragen.

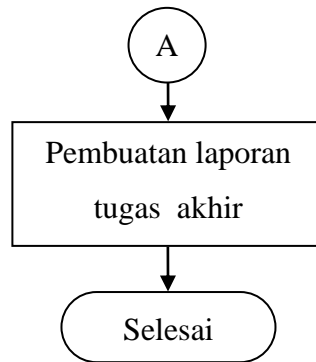
### 2.4 Simulasi jaringan

Pemodelan jaringan yang telah dibuat dalam ETAP yaitu jaringan ketika kondisi normal dan jaringan ketika dilakukan manuver jaringan, disimulasikan dengan simulasi aliran daya (*load flow analysis*). Hasil simulasi yang ditampilkan berupa susut daya yang terjadi (*losses*), yang kemudian dibandingkan antara hasil susut daya ketika kondisi normal dan ketika dilakukan manuver.

### 2.5 Flowchart Penelitian







Gambar 1. *Flowchart* penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian analisa pengaruh manuver jaringan 20 kV gardu induk Sragen terhadap susut daya adalah untuk mengetahui perubahan susut daya yang terjadi ketika kondisi jaringan normal dan ketika kondisi manuver jaringan pada jaringan 20 kV gardu induk Sragen. Penelitian ini menggunakan ETAP *Power Station* 12.6 sebagai *software* untuk mensimulasikan jaringan yang dilakukan manuver. Jaringan tegangan menengah 20 kV pada gardu induk Sragen dilakukan SOP manuver jaringan pada tanggal 29 juni 2018 - 19 juli 2018. SOP yang dilakukan adalah pelimpahan beban akibat adanya pekerjaan pada trafo III berupa penggantian kubikel trafo III. Pelimpahan beban trafo III GI Sragen dilimpahkan ke trafo I dan trafo II GI Sragen. Berikut adalah tabel SOP pelimpahan beban trafo III GI Sragen dan data beban jaringan distribusi 20 kV GI Sragen :

Tabel 1. SOP Pelimpahan Beban Pekerjaan Trafo III GI Sragen

No.	Rayon	Kode Peralatan <i>Switching</i>			Keterangan
		1. PMT	No. Tiang	<del>XX</del> ↗ <i>Reclose</i>	
		2. REC		<del>XX</del> ↘ <i>Trip</i>	
		4. ABSW		<del>XX</del> <i>Open</i>	
		5. LBS		// <i>Close</i>	
1.	Sragen	5	T2-279/28	//	SRN.10 >>> SRN.3
		1	SRN.10	<del>XX</del>	
		4	SG10-2	<del>XX</del>	
2.	Sragen	4	SRN12-183A	//	SRN.12 >>> SRN.11
		4	SRN12-64	<del>XX</del>	
		4	SRN7-40	//	SRN.7 >>> SRN.12
		1	SRN.7	<del>XX</del>	
		4	SG7-6	<del>XX</del>	

3.	Sragen	5	T2-578/161	//	SRN.1 >>> SRN.2
		5	T2-522	✗	
		5	T2-441/1	//	SRN.1 >>> SRN.8
		1	SRN.1	✗	
		4	SG1-5	✗	
4.	Sragen	4	SG9-47	//	SRN.9 >>> SRN.5
		1	SRN.9	✗	

Tabel 2. Data beban jaringan distribusi 20 kV GI Sragen

Penyulang	Section	Peralatan	Beban siang (10.00 WIB) (Ampere)		
			R	S	T
Sragen 3	SRN3-3	ABSW	192	173	165
	SRN3-78/3	ABSW NO SRN 6	0	0	0
	T2-279/5	ABSW NO SRN 4	0	0	0
	T2-279/7	RECLOSER	180	165	157
	T2-279/27	ABSW NO SRN 10	0	0	0
	T2-279/69	RECLOSER	160	145	144
Sragen 7	SRN7-6	ABSW	232	245	241
	SRN7-40	ABSW NO SRN 12	0	0	0
	SRN7-135	LBS	230	243	238
	SRN7-190A	ABSW NO SRN 11	0	0	0
	T2-470	ABSW NO SRN 13	0	0	0
Sragen 10	SRN10-2	ABSW	112	120	117
	SRN10-152	RECLOSER	90	96	93
	T2-279/27	ABSW NO SRN 3	0	0	0
	SRN10-282/3	ABSW NO MSR9	0	0	0
	SRN10-285	ABSW	60	58	57
	MSR6-121/17	ABSW NO MSR 6	0	0	0
Sragen 11	SRN11-4	ABSW	132	141	133
	SRN11-33	ABSW NO SRN 13	0	0	0
	SRN11-61	RECLOSER	131	140	132

Sragen 12	SRN7-190A	ABSW NO SRN 7	0	0	0
	SRN11-175	ABSW	126	136	129
	SRN12-183A	ABSW NO SRN 12	0	0	0
	SRN12-8	ABSW	160	167	169
	SRN7-40	ABSW NO SRN 7	0	0	0
	SRN8-43	ABSW NO SRN 8	0	0	0
	SRN12-64	RECLOSER	156	160	157
	SRN12-144	ABSW	149	155	147
	SRN12-183A	ABSW NO SRN 11	0	0	0
	SRN11-171	ABSW NO SRN 2	0	0	0
	SRN12-228	ABSW NO SRN 1	0	0	0

Pada penelitian ini hanya akan dianalisa SOP nomor 1 dan 2 yang dilakukan oleh PT. PLN ULP Sragen yang melibatkan 2 trafo dan 5 penyulang. Penghantar yang digunakan pada jaringan distribusi 20 kV yaitu pada jaringan distribusi primer dari penyulang di gardu induk menuju trafo distribusi sekunder adalah kabel tipe AAAC dengan luas penampang 240 mm<sup>2</sup> dengan 1 konduktor tiap fasanya. Sedangkan kabel yang digunakan dari trafo gardu induk menuju *incoming* adalah kabel tipe NA2XSY dengan luas penampang 630 mm<sup>2</sup> dengan 3 konduktor tiap fasanya. Berikut adalah data panjang jaringan dan data penghantar jaringan 20 kV GI Sragen :

Tabel 3. Data panjang jaringan 20 kV GI Sragen

Bagian		Section		Panjang (km)
Trafo II	Trafo II	s / d	Bus 10	0,7
Trafo III	Trafo III	s / d	Bus 3	0,5
Penyulang sragen 3	CBSRN-3	s / d	SRN3-3	0,15
	SRN3-3	s / d	T2-279/7	5
	T2-279/7	s / d	T2-279/69	3,1
	T2-279/7	s / d	T2-279/28	1,05
Penyulang sragen 7	CBSRN-7	s / d	SRN7-6	0,3
	SRN7-6	s / d	SRN7-40	1,7
	SRN7-40	s / d	SRN7-135	4,75
	SRN7-135	s / d	PT.DMST	2,85

Penyulang sragen 10	CBSRN-10	s / d	SRN10-2	0,1
	SRN10-2	s / d	SRN10-152	7,5
	SRN10-152	s / d	SRN10-285	6,65
	SRN10-285	s / d	PT.DMST	3,5
	Bus5	s / d	T2-279/28	0,2
Penyulang sragen 11	CBSRN-11	s / d	SRN11-4	0,2
	SRN11-4	s / d	SRN11-61	2,85
	SRN11-61	s / d	SRN11-175	5,7
	SRN11-175	s / d	PT. Bintang makmur	0,2
	SRN11-175	s / d	SRN12-183A	0,1
Penyulang sragen 12	CBSRN-12	s / d	SRN12-8	0,4
	SRN12-8	s / d	SRN12-40	1,6
	SRN12-8	s / d	SRN7-40	2
	SRN12-40	s / d	SRN12-64	1,2
	SRN12-64	s / d	SRN12-144	4
	SRN12-144	s / d	PT. Sumber bahagia	2
	PT. Sumber bahagia	s / d	PT.DMST	4
	SRN12-144	s / d	SRN12-183A	1,95

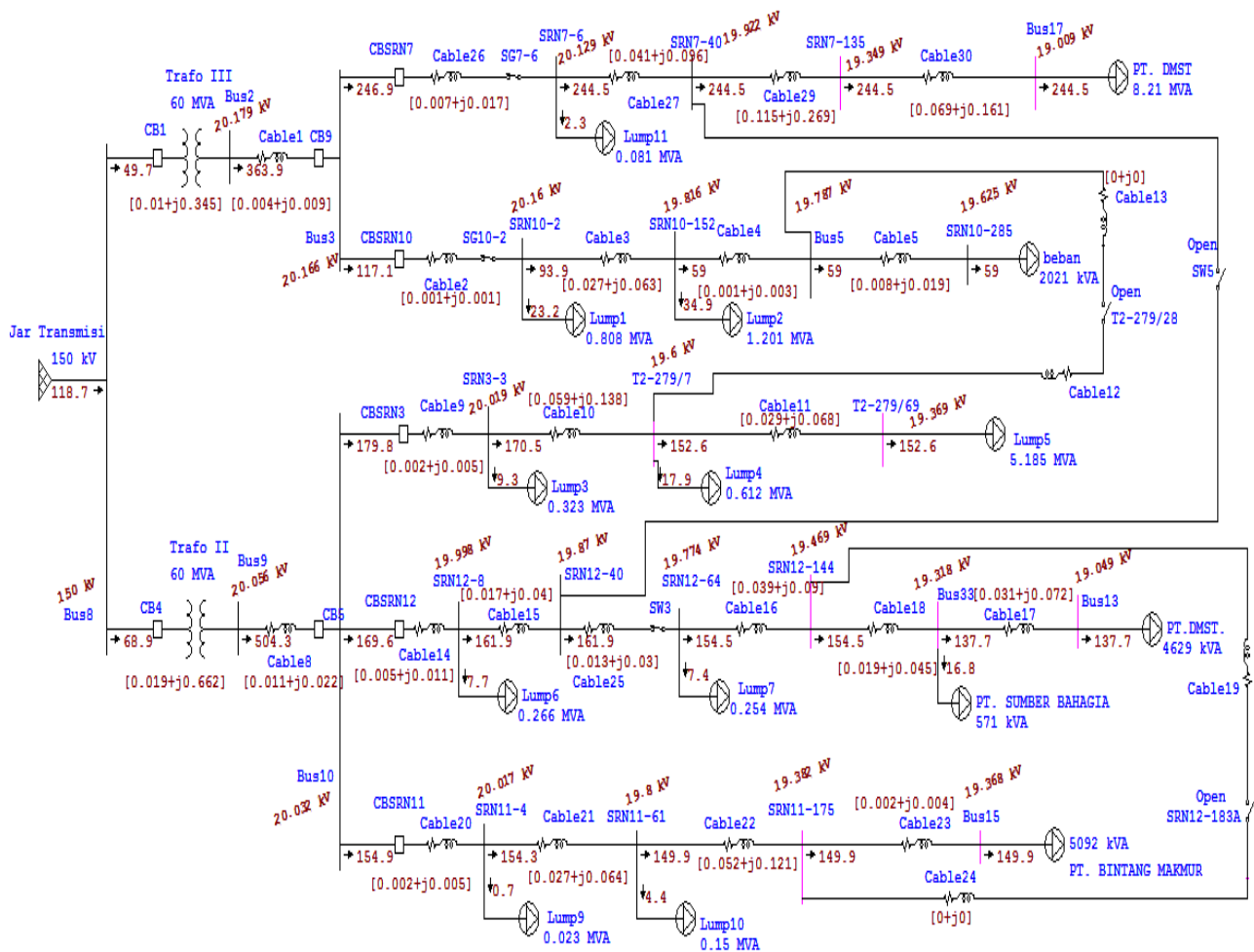
Tabel 4. Data penghantar jaringan 20 kV GI Sragen

Tipe penghantar	Luas penampang	Impedansi urutan posistif ( $\Omega$ / km)	Impedansi urutan nol ( $\Omega$ / km)
NA2XSY	630 mm <sup>2</sup>	0,064	
AAAC	240 mm <sup>2</sup>	0,1344 + j 0,3158	0,2824 + j 1,6034

### 3.1 Single line diagram

Simulasi jaringan berupa *single line* diagram berikut menampilkan besarnya arus yang mengalir dalam satuan (ampere) yaitu arus dari sumber, percabangan, dan menuju beban. Besarnya operasi tegangan pada tiap bus dalam satuan (kV), dan susut daya yang terjadi pada jaringan dalam satuan (MW dan Mvar), susut daya terjadi pada trafo dan kabel penghantar. Perbandingan tegangan operasi trafo 60 MVA gardu induk adalah 150 kV / 20,5 kV. Beban yang dimodelkan dengan *static load* berupa tipe model *unbalanced* sesuai data beban yang diperoleh dari PT. PLN ULP Sragen. Berikut adalah *single line* diagram jaringan 20 kV sesuai SOP nomor 1 dan 2 pekerjaan penggantian kubikel trafo III gardu induk Sragen ketika jaringan normal dan ketika dilakukan manuver jaringan :

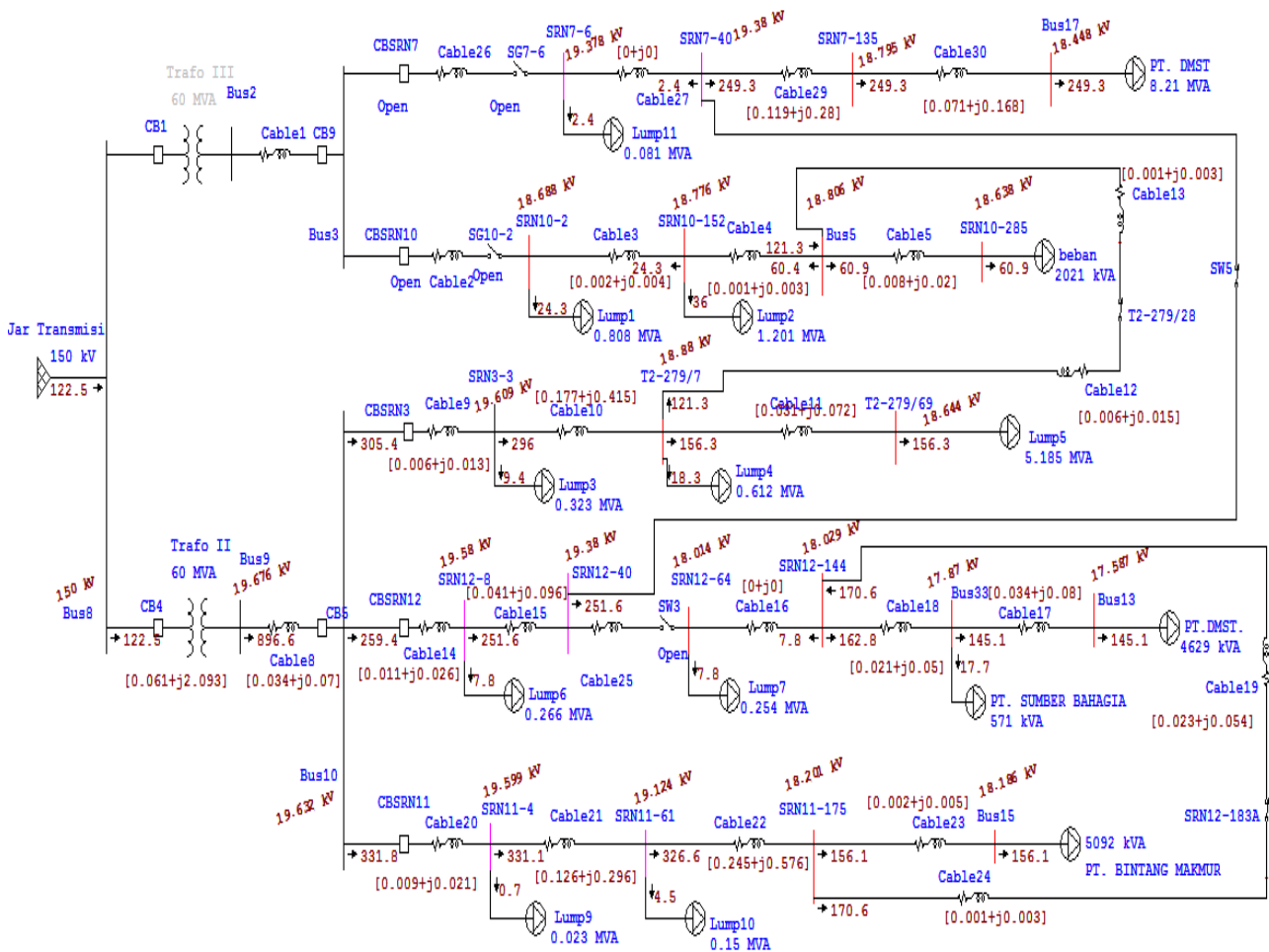
### 3.1.1 Single line diagram kondisi jaringan normal



Gambar 2. Single line diagram jaringan normal

Simulasi ETAP yang pertama adalah simulasi ketika kondisi jaringan normal. *Single line* diagram di atas memperlihatkan rangkaian dimana trafo II dan trafo III masih aktif dan menyuplai beban yang terhubung dengan trafo masing – masing. Kondisi tegangan pada bus dapat dilihat dari warna bus, pada simulasi terdapat bus yang berwarna hitam, ungu dan biru. Warna bus hitam adalah kondisi tegangan yang ada pada bus tersebut masih dalam keadaan normal (aman), warna bus ungu adalah kondisi tegangan dalam keadaan *marginal* (toleransi), warna bus merah adalah kondisi tegangan dalam keadaan *critical* (perlu evaluasi). Ketika kondisi jaringan normal tidak terdapat bus yang berwarna merah atau kondisi *critical* tetapi terdapat 10 bus yang mengalami marginal (toleransi) dengan operasi tegangan terendah terjadi pada bus 17 dengan 95% atau 19 kV. Bus 17 dilewati arus sebesar 244,5 ampere dan jarak pendistribusian tenaga listrik yang berjarak 10,1 km dari trafo III GI Sragen sehingga berpengaruh terhadap besarnya drop tegangan yang terjadi, sesuai dengan faktor – faktor penyebab timbulnya drop tegangan antara lain besar arus listrik yang mengalir pada suatu penghantar dan jarak pendistribusian tenaga listrik atau panjang penghantar yang dilewati.

### 3.1.2 Single line diagram kondisi manuver jaringan



Gambar 3. Single line diagram kondisi manuver jaringan

Simulasi ETAP yang kedua adalah simulasi ketika kondisi manuver jaringan. Konfigurasi jaringan pada gambar 3 adalah SOP nomor 1 dan 2 yang dilakukan PT. PLN ULP Sragen. SOP nomor 1 adalah pelimpahan beban penyulang sragen 10 yang disuplai trafo III ke penyulang sragen 3 yang disuplai trafo II yaitu dengan merubah kondisi LBS pada tiang nomor T2-279/28 dari keadaan *open* menjadi *close* sehingga penyulang sragen 10 terhubung dengan penyulang sragen 3. SOP nomor 1 selanjutnya adalah merubah kondisi PMT penyulang sragen 10 dan ABSW pada tiang nomor SG10-2 dari keadaan *close* menjadi *open*, sehingga beban penyulang sragen 10 dilimpahkan ke penyulang sragen 3. SOP nomor 2 yang dilakukan adalah melimpahkan sebagian beban pada penyulang sragen 12 ke penyulang sragen 11 dengan merubah kondisi ABSW pada tiang nomor SRN12-183A dari keadaan *open* menjadi keadaan *close* dan merubah kondisi ABSW tiang nomor SRN12-64 dari keadaan *close* menjadi *open*. Dipindahkannya sebagian beban penyulang sragen 12 ke penyulang sragen 11 karena penyulang sragen 12 akan menjadi limpahan beban penyulang sragen 7 yang disuplai oleh trafo III yang akan di *off* kan untuk penggantian kubikel trafo III. SOP nomor 2 selanjutnya adalah merubah kondisi ABSW pada tiang nomor SRN12-183A dari kondisi *open* menjadi *close* sehingga

penyulang sragen 7 terhubung dengan penyulang sragen 12. SOP selanjutnya adalah merubah kondisi PMT penyulang sragen 7 dan ABSW pada tiang nomor SG7-6 dari kondisi *close* menjadi *open*, suplai listrik ke penyulang sragen 7 diputus, beban penyulang sragen 7 dilimpahkan ke penyulang sragen 12. Setelah dilakukan manuver jaringan sesuai SOP nomor 1 dan 2 pelimpahan pekerjaan Trafo III GI Sragen dapat dilihat pada gambar 3 jumlah bus yang mengalami drop tegangan menjadi meningkat dibandingkan kondisi jaringan normal yaitu sebanyak 16 bus dalam kondisi *critical* dan 6 bus mengalami *marginal*. Bus yang mengalami kondisi drop tegangan terbesar terjadi pada bus 13 dengan persentase operasi tegangan 87,9% atau 17,58 kV. Dilihat dari gambar 2 bus 13 dialiri arus listrik sebesar 145,1 ampere dengan jarak pendistribusian 17,5 km dari trafo II GI Sragen, sehingga tegangan yang sampai pada bus 13 menjadi drop akibat jauhnya jarak pendistribusian dan besarnya arus yang mengalir pada bus 13 disamping beban lain yang berada di jalur pendistribusian dari trafo II GI Sragen menuju bus 13 ketika dilakukan manuver jaringan.

### 3.2 Analisa susut daya kondisi jaringan normal dan kondisi manuver jaringan

Metode simulasi aliran daya pada ETAP *Power Station* ada beberapa metode yaitu *adaptive newton-raphson*, *newton-raphson*, *fast-decoupled*, *accelerated gauss-seidel*, pada simulasi ini metode yang digunakan adalah *Adaptive Newton-Raphson*. Berikut adalah hasil simulasi jaringan menggunakan ETAP berupa susut daya ketika kondisi jaringan normal dan kondisi manuver jaringan :

Tabel 5. Hasil simulasi susut daya total kondisi jaringan normal

<i>CKT/Branch</i>	<i>From-To Bus Flow</i>		<i>To-From Bus Flow</i>		<i>Losses</i>		<i>% Bus Voltage</i>		<i>Vd % Drop</i>
	<i>MW</i>	<i>Mvar</i>	<i>MW</i>	<i>Mvar</i>	<i>kW</i>	<i>kvar</i>	<i>From</i>	<i>To</i>	<i>in Vmag</i>
Cable1	10,596	7,037	-10,59	-7,02	4,0	8,8	100,9	100,8	0,06
Trafo III	-10,59	-7,037	10,606	7,382	10,1	344,9	100,9	100,0	1,60
Cable2	3,448	2,200	-3,447	-2,19	0,6	1,3	100,8	100,8	0,03
Cable26	7,144	4,828	-7,137	-4,81	7,4	17,3	100,8	100,6	0,18
Cable4	-1,713	-1,075	1,714	1,079	1,4	3,3	98,9	99,1	0,14
Cable5	1,713	1,075	-1,705	-1,05	7,9	18,6	98,9	98,1	0,81
Cable13	0,000	0,000	0,000	0,000	-	-	98,9	98,9	0,00
Trafo II	14,671	10,268	-14,651	-9,60	19,4	662,4	100,0	100,3	2,17
Cable8	14,651	9,606	-14,640	-9,58	10,9	22,2	100,3	100,2	0,12
Cable9	5,233	3,398	-5,231	-3,39	2,0	4,6	100,2	100,1	0,07
Cable14	4,904	3,251	-4,899	-3,24	4,6	10,9	100,2	100,0	0,17
Cable20	4,504	2,934	-4,502	-2,93	1,9	4,5	100,2	100,1	0,08

Cable17	-3,862	-2,393	3,892	2,465	30,6	71,9	95,2	96,6	1,34
Cable23	-4,275	-2,649	4,276	2,653	1,8	4,3	96,8	96,9	0,07
Cable24	0,000	0,000	0,000	0,000	-	-	96,9	96,9	0,00
Cable30	-6,844	-4,241	6,912	4,403	68,7	161,5	95,0	96,7	1,70
Cable18	-4,371	-2,762	4,390	2,807	19,3	45,2	96,6	97,3	0,76
Cable10	4,956	3,223	-4,897	-3,08	58,6	137,7	100,1	98,0	2,09
Cable27	7,068	4,768	-7,027	-4,67	41,0	96,3	100,6	99,6	1,03
Cable29	7,027	4,672	-6,912	-4,40	114,5	269,1	99,6	96,7	2,87
Cable3	2,758	1,771	-2,731	-1,70	26,6	62,6	100,8	99,1	1,72
Cable21	4,482	2,918	-4,455	-2,85	27,3	64,3	100,1	99,0	1,08
Cable22	4,328	2,775	-4,276	-2,65	51,6	121,4	99,0	96,9	2,09
Cable15	4,673	3,100	-4,656	-3,06	16,9	39,7	100,0	99,3	0,64
Cable25	4,656	3,060	-4,644	-3,03	12,7	29,8	99,3	98,9	0,48
Cable16	4,429	2,897	-4,390	-2,80	38,5	90,5	98,9	97,3	1,52
Cable11	4,381	2,766	-4,352	-2,69	29,1	68,4	98,0	96,8	1,15
					607,5	2.361,6			

Tabel 6. Hasil simulasi susut daya total kondisi manuver jaringan

<i>CKT/Branch</i>	<i>From-To Bus Flow</i>		<i>To-From Bus Flow</i>		<i>Losses</i>		<i>% Bus Voltage</i>		<i>Vd % Drop in Vmag</i>
<b>ID</b>	<b>MW</b>	<b>Mvar</b>	<b>MW</b>	<b>Mvar</b>	<b>kW</b>	<b>kvar</b>	<i>From</i>	<i>To</i>	
Cable4	1,669	1,040	-1,68	-1,03	1,5	3,5	94,0	93,9	0,15
Cable5	1,681	1,056	-1,67	-1,03	8,5	19,9	94,0	93,2	0,84
Cable13	-3,350	-2,097	3,351	2,099	1,2	2,8	94,0	94,1	0,06
Trafo II	25,258	19,376	-25,1	-17,2	61,4	2.093,4	100,0	98,4	4,02
Cable8	25,196	17,283	-25,1	-17,2	34,3	70,2	98,4	98,2	0,22
Cable9	8,644	5,758	-8,63	-5,74	5,6	13,3	98,2	98,0	0,11
Cable14	7,304	4,946	-7,29	-4,92	10,9	25,5	98,2	97,9	0,26
Cable20	9,214	6,509	-9,20	-6,48	8,9	20,9	98,2	98,0	0,17
Cable12	-3,351	-2,099	3,358	2,114	6,2	14,6	94,1	94,4	0,31
Cable17	-3,756	-2,328	3,790	2,408	33,9	79,8	87,9	89,3	1,42
Cable23	-4,178	-2,590	4,180	2,594	2,0	4,6	90,9	91,0	0,08
Cable19	4,508	2,929	-4,48	-2,87	22,9	53,8	91,0	90,1	0,82



Cable24	-4,508	-2,929	4,509	2,932	1,1	2,8	91,0	91,0	0,04
Cable30	-6,770	-4,196	6,842	4,364	71,4	167,8	92,2	94,0	1,73
Cable18	-4,256	-2,696	4,277	2,746	21,4	50,2	89,3	90,1	0,80
Cable10	8,365	5,576	-8,18	-5,16	176,6	415,0	98,0	94,4	3,65
Cable27	-0,068	-0,042	0,068	0,042	0,0	0,0	96,9	96,9	0,01
Cable29	6,961	4,643	-6,84	-4,36	119,0	279,6	96,9	94,0	2,92
Cable3	-0,670	-0,415	0,671	0,419	1,8	4,2	93,4	93,9	0,44
Cable21	9,186	6,476	-9,06	-6,18	126,0	296,0	98,0	95,6	2,37
Cable22	8,935	6,102	-8,68	-5,52	245,2	576,2	95,6	91,0	4,61
Cable15	7,069	4,781	-7,02	-4,68	40,9	96,0	97,9	96,9	1,00
Cable16	-0,208	-0,129	0,208	0,129	0,1	0,2	90,1	90,1	0,08
Cable11	4,322	2,731	-4,29	-2,66	30,6	71,8	94,4	93,2	1,18
					1.031,3	4.362,0			

### 3.2.1 Analisa susut daya kondisi jaringan normal

Dari hasil simulasi susut daya ketika kondisi jaringan normal yang ditunjukkan pada tabel 5, susut daya besar terjadi antara lain pada kabel 29 dengan *losses* 18,84% dibanding *losses* total yaitu sebesar 114,5 kW dan 269,1 kvar, kabel 30 dengan *losses* 11,3% dibanding *losses* total yaitu sebesar 68,7 kW dan 161,5 kvar, kabel 10 dengan *losses* 9,64% dibanding *losses* total yaitu sebesar 58,6 kW dan 137,7 kvar, kabel 22 dengan *losses* 8,49% dibanding *losses* total yaitu sebesar 51,6 kW dan 121,4 kvar. Susut daya total yang terjadi ketika jaringan normal adalah sebesar 607,5 kW dan 2.361,6 kvar. Susut daya terbesar terjadi pada penyulang sragen 7 dikarenakan pada ujung penyulang sragen 7 terdapat beban yang besar sehingga arus yang mengalir pada penyulang sragen 7 juga besar dengan susut daya terbesar terjadi pada kabel 29 dengan 18,84%. Pada kabel 29 mengalir arus sebesar 244,5 ampere dengan panjang kabel 4,75 km. Sama seperti kabel 29, kabel 27 dan kabel 30 juga dialiri arus sebesar 244,5 ampere tetapi memiliki persentase susut daya yang lebih kecil hal ini disebabkan panjang kabel 27 dan kabel 30 yang lebih pendek yaitu kabel 27 dengan panjang 1,7 km dan kabel 30 dengan panjang 2,85 km.

### 3.2.2 Analisa susut daya kondisi manuver jaringan

Dari hasil simulasi susut daya ketika kondisi manuver jaringan yang ditunjukkan pada tabel 5, susut daya besar terjadi antara lain pada kabel 22 dengan *losses* sebesar 23,7% dibanding *losses* total yaitu sebesar 245,2 kW dan 576,2 kvar. Kabel 10 dengan *losses* sebesar 17,12% dibanding *losses* total yaitu sebesar 176,6 kW dan 415,0 kvar. Kabel 21 dengan *losses* sebesar 12,21% dibanding *losses* total yaitu sebesar 126 kW dan 296,0 kvar. Kabel 29 dengan *losses* sebesar 11,53% dibanding *losses* total yaitu sebesar 119 kW dan 279,6 kvar. Susut daya total yang terjadi ketika dilakukan manuver jaringan adalah sebesar 1.031,3 kW dan 4.362 kvar. Kabel 22 mengalami susut daya terbesar yaitu 23,7% dari susut daya total dikarenakan kabel 22 dialiri arus paling besar yaitu sebesar 326,6 ampere dengan panjang kabel 5,7 km. Kabel 10 dialiri arus sebesar 296 ampere dengan panjang kabel 5 km. Kabel 21 dialiri arus sebesar 331,1 ampere dengan panjang kabel 2,85 km. Kabel 29 dialiri arus

sebesar 249,3 ampere dengan panjang kabel 4,75 km. Dari analisa hasil simulasi besarnya susut daya yang terjadi dari beberapa kabel tersebut, susut daya yang ditimbulkan adalah sebanding dengan besarnya arus yang mengalir pada kabel penghantar dan panjang kabel penghantar yang berkaitan dengan impedansi pada kabel penghantar tersebut.

### 3.2.3 Perbandingan hasil simulasi susut daya

Hasil simulasi jaringan 20 kV gardu induk Sragen berupa perubahan susut daya total yang terjadi ketika kondisi jaringan normal dan ketika kondisi dilakukan manuver jaringan ditunjukkan pada tabel 7 berikut :

Tabel 7. Perbandingan susut daya

Kondisi	Susut daya total (kW dan kvar)
Jaringan normal	607,5 dan 2.361,6
Manuver jaringan	1.031,3 dan 4.362

Dari tabel 7 perbandingan susut daya di atas, hasil simulasi susut daya total yang terjadi ketika kondisi manuver jaringan mengalami kenaikan yang signifikan dibanding ketika jaringan normal yaitu sebesar 69,76% atau 423,8 kW dan 2.000,4 kvar. Susut daya yang meningkat serta jumlah bus yang mengalami drop tegangan menjadi lebih banyak ketika dilakukan manuver jaringan pada penelitian ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Simulasi awal ketika jaringan normal beban disuplai dengan 5 penyulang sedangkan ketika dilakukan manuver jaringan beban disuplai dengan 3 penyulang sehingga arus yang mengalir pada penghantar tiap penyulang menjadi lebih besar dibandingkan kondisi jaringan normal. Jarak pendistribusian ketika dilakukan manuver jaringan menjadi lebih panjang atau jauh dibandingkan ketika kondisi jaringan normal.

## 4. PENUTUP

Dari hasil analisa pengaruh manuver jaringan distribusi 20 kV GI Sragen terhadap susut daya, dapat diambil kesimpulan bahwa :

- Susut daya total yang terjadi pada jaringan distribusi 20 kV gardu induk sragen ketika kondisi jaringan normal adalah 607,5 kW dan 2.361,6 kvar sedangkan susut daya ketika kondisi manuver jaringan adalah 1.031,3 kW dan 4.362 kvar, terjadi kenaikan susut daya sebesar 69,76% atau 423,8 kW dan 2.000,4 kvar.
- Perbedaan besarnya susut daya total yang ditimbulkan antara jaringan normal dengan jaringan ketika dilakukan pekerjaan manuver sangat dipengaruhi oleh perubahan besarnya beban yang disuplai tiap penyulang yang mempengaruhi besarnya arus yang mengalir, dan panjang saluran pendistribusian tenaga listrik menuju ke beban.
- Besarnya susut daya dan banyaknya drop tegangan yang ditimbulkan oleh suatu pekerjaan jaringan sistem tenaga listrik alangkah baiknya jika dikaji terlebih dahulu oleh PT. PLN (Persero) selaku penyedia ketersediaan tenaga listrik kepada pelanggan atau masyarakat sebelum dilakukan suatu pekerjaan pada jaringan sistem tenaga listrik.

## PERSANTUNAN

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan dan ucapan terimakasih penulis haturkan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian naskah publikasi ini. Penulis ingin mengucapkan terimakasih dan rasa syukur kepada :

- a. Allah SWT dan Nabi Besar Muhammad SAW atas limpahan rahmat dan karunianya yang telah memberikan kelancaran kepada penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
- b. Keluarga penulis, Bapak Darno Wiyoto dan Ibu Ismani selaku orangtua serta Nabila Putri R selaku adik yang penulis sayangi.
- c. Bapak Aris Budiman, S.T., M.T selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, serta masukan kepada penulis.
- d. Pihak PLN GI Sragen, PLN UP3 Surakarta serta PLN ULP Sragen khususnya Bapak Dwicahya Linggawastu P, S.T selaku Supervisor Teknik di PLN ULP Sragen yang telah memberikan data - data yang digunakan untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
- e. Teman - teman Teknik Elektro angkatan 2015 yang telah mendukung penulis dalam proses perkuliahan, serta motivasi yang diberikan dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alif P. (2018). Melakukan Analisa Load Flow Dengan Etap. <https://www.alifpustaka.com/melakukan-analisa-load-flow-dengan-etap/>, diakses tanggal 2 januari 2019
- Farahani, Vahid dkk. (2013). Energy Loss Reduction by Conductor Replacement and Capacitor Placement in Distribution Systems, *IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS. VOL. 28, NO. 3*
- Hossein Moarrefi, Maisam Nematollahi, and Mahdi Tadayon. (2013). Reconfiguration and distributed generation (DG) placement considering critical system condition, *CIREN - 22<sup>nd</sup> International Conference and Exhibition on Electricity Distribution*.
- Ibrahim, S. (2013). Manuver Jaringan Distribusi, <http://elektrounimal.blogspot.co.id/2013/06/manuver-jaringan-distribusi.html> diakses tanggal 28 desember 2018
- L. G. Wesz Da Silva, R. A. F. Pereira, and J. R. S. Mantovani. (2005). Optimised allocation of sectionalising switches and protection devices in distribution networks by using a Reactive Tabu Search Algorithm, *CIREN - 18th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution*.
- Reddy, P U. (2011). Particle Swarm Optimization Based Approach for Loss Reduction in Unbalanced Radial Distribution System, *International journal of Engineering Science and Technology*, 3(11), 8030 –8038
- Sarang Pande and Prof. J G Ghodekar. (2012). Computation of Technical Power Loss of Feeders and Transformers in Distribution System using Load Factor and Load Loss Factor, *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering*.